

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-76186

(43)公開日 平成5年(1993)3月26日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 02 N 1/00

識別記号 庁内整理番号  
8525-5H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-175822

(22)出願日 平成3年(1991)6月21日

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 中川 亘

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72)発明者 鶴岡 亨彦

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

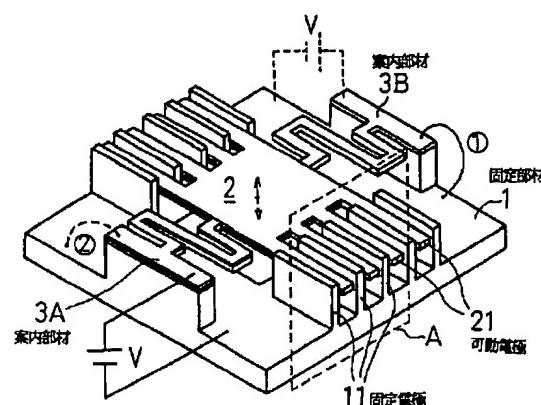
(74)代理人 弁理士 松崎 清

(54)【発明の名称】 静電式アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】 大きな駆動力を発生させ、変位量を大きくすることができる静電アクチュエータを提供する。

【構成】 複数の歯状固定電極11に対し、1対の電極が絶縁体を介して上下に形成された複数の歯状可動電極21を互いに噛み合うように配置し、例えば上側の可動電極には案内部材3Aを介して正の電圧を、下側の可動電極と固定電極11には負の電圧をそれぞれ印加すると、可動電極21の上と下とで電界強度に差ができるので、これを利用して大きな静電駆動力が得られるようにし、変位量の増大を図る。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 櫛歯状の固定電極を持つ固定部材と、絶縁体により互いに絶縁され前記固定電極の櫛歯と噛み合う櫛歯状の第1、第2の可動電極を持つ可動部材と、この可動部材を一方向にのみ案内する案内部材とを備え、この案内部材を介して前記可動電極のいずれか一方および固定電極と残りの可動電極との間に電圧を印加して前記可動部材を一方向に駆動可能にしてなることを特徴とする静電式アクチュエータ。

【請求項2】 前記絶縁体と第1、第2可動電極のいずれか一方を誘電体にて形成してなることを特徴とする請求項1に記載の静電式アクチュエータ。

【請求項3】 前記固定部材に対し少なくとも可動部材を2枚以上積層し、駆動力の増大を図ることを特徴とする請求項1または2に記載の静電式アクチュエータ。

【請求項4】 前記案内部材を弹性支持ばねとすることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の静電式アクチュエータ。

【請求項5】 前記案内部材は固定電極の櫛歯と案内レールとからなることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の静電式アクチュエータ。

【請求項6】 円筒状の固定電極と、絶縁体により互いに絶縁され前記固定電極の内部に設けられる第1、第2の可動電極と、この第1、第2可動電極を一方向にのみ案内する案内部材とを備え、この案内部材を介して前記可動電極のいずれか一方と固定電極間に電圧を印加して可動電極を一方向に駆動可能にしてなることを特徴とする静電式アクチュエータ。

【請求項7】 前記絶縁体と可動電極のいずれか一方を誘電体にて形成してなることを特徴とする請求項6に記載の静電式アクチュエータ。

【請求項8】 櫛歯状の固定電極を持つステータと、これに噛み合うように各々が絶縁体を介して互いに絶縁された第1ないし第4の可動電極を持つロータと、このロータの軸部両端に形成され前記第1、第3の可動電極と接続される第1の回転電極および前記第2、第4の可動電極と接続される第2の回転電極と、前記ロータを第1、第2の回転電極を介してステータに押圧固定する第1、第2のブラシとを備え、前記第1のブラシとステータとの間に電圧を印加して前記ロータを回転駆動可能にしてなることを特徴とする静電式アクチュエータ。

【請求項9】 前記絶縁体と第1、第3の可動電極、または絶縁体と第2、第4の可動電極を誘電体にて形成してなることを特徴とする請求項8に記載の静電式アクチュエータ。

【請求項10】 円板を切り欠いて形成され、絶縁体を介して互いに絶縁された第1、第2の可動電極を持つロータと、このロータを回転可能なように挟みつけて支持する1対のステータとを備え、ステータの軸支持部から第2電極へ電圧を供給することにより、前記ロータを回

転駆動可能にしてなることを特徴とする静電式アクチュエータ。

【請求項11】 前記絶縁体と可動電極のいずれか一方を誘電体にて形成してなることを特徴とする請求項10に記載の静電式アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、電界強度の不均衡を利用して駆動力を得る静電式アクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】図13にこの種の従来例を示す。これは、櫛歯状の固定電極Fと可動電極Mとを適当なギャップを設けて互いに噛み合わせ、両者に電圧を印加することにより、櫛歯の長手方向に変位させ、櫛歯数に比例する静電駆動力を得るものである。①の如く電圧を印加したときは矢印R1の方向に、また②の如く電圧を印加したときは矢印R2の方向にそれぞれ変位する。なお、Hは支持部(固定部)を示す。この場合に作用する静電駆動力Fはεを比誘電率、dをギャップ間距離、nを櫛歯数、tを歯厚、Vを印加電圧とすれば、

$$F = \epsilon \cdot n \cdot t \cdot V^2 / 2d$$

として表わされる。図14に別の従来例を示す。これは、固定電極Fと可動電極Mとを対向配置し、両者に電圧を印加して矢印Fの如きギャップ間を小さくする方向の静電駆動力を得るものである。この場合の静電駆動力Fはεを比誘電率、dをギャップ間距離、Sを対面積、Vを印加電圧とすれば、

$$F = \epsilon \cdot S \cdot V^2 / 2d^2$$

として表わされる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】後者に示すものは、ギャップ間距離dの2乗に反比例するので、変位量を大きくすべくギャップを大きく設定すると、駆動力が得られないという問題がある。一方、前者は後者に比べて変位量を大きくすることができるが、製作し得る櫛歯数、ギャップ間距離、歯厚等に限界があり、その結果大きな駆動力が得られないという問題がある。したがって、この発明の課題は大きな駆動力および変位量を発生し得るようにすることにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するため、第1の発明では、櫛歯状の固定電極を持つ固定部材と、絶縁体により互いに絶縁され前記固定電極の櫛歯と噛み合う櫛歯状の第1、第2の可動電極を持つ可動部材と、この可動部材を一方向にのみ案内する案内部材とを備え、この案内部材を介して前記可動電極のいずれか一方および固定電極と残りの可動電極との間に電圧を印加して前記可動部材を一方向に駆動可能にしてなることを特徴としている。第2の発明では、第1の発明において前記絶縁体と第1、第2可動電極のいずれか一方を

誘電体にて形成することを特徴としている。また、第3の発明では、第1または第2の発明において、前記固定部材に対し少なくとも可動部材を2枚以上積層し、駆動力の増大を図ることを特徴としている。さらに、第4の発明では、第1ないし第3の発明のいずれかにおいて、前記案内部材を弾性支持ばねとすることを特徴としている。また、第5の発明では、第1ないし第4の発明のいずれかにおいて、前記案内部材を固定電極の歯と案内レールとから構成することを特徴としている。

【0005】第6の発明では、円筒状の固定電極と、絶縁体により互いに絶縁され前記固定電極の内部に設けられる第1、第2の可動電極と、この第1、第2可動電極を一方向にのみ案内する案内部材とを備え、この案内部材を介して前記可動電極のいずれか一方と固定電極間に電圧を印加して可動電極を一方向に駆動可能にしたことを特徴としている。第7の発明では、第6の発明において、前記絶縁体と可動電極のいずれか一方を誘電体にて形成したことを特徴としている。また、第8の発明では、歯状の固定電極を持つステータと、これに噛み合うように各々が絶縁体を介して互いに絶縁された第1ないし第4の可動電極を持つロータと、このロータの軸部両端に形成され前記第1、第3の可動電極と接続される第1の回転電極および前記第2、第4の可動電極と接続される第2の回転電極と、前記ロータを第1、第2の回転電極を介してステータに押圧固定する第1、第2のブラシと備え、前記第1のブラシとステータとの間に電圧を印加して前記ロータを回転駆動可能にしたことを特徴としている。

【0006】第9の発明では、第8の発明において、前記絶縁体と第1、第3の可動電極、または絶縁体と第2、第4の可動電極を誘電体にて形成したことを特徴としている。また、第10の発明では、円板を切り欠いて形成され、絶縁体を介して互いに絶縁された第1、第2の可動電極を持つロータと、このロータを回転可能なようにはみつけて支持する1対のステータとを備え、ステータの軸支持部から第2電極へ電圧を供給することにより、前記ロータを回転駆動可能にしたことを特徴としている。さらに、第11の発明では、第10の発明において、前記絶縁体と可動電極のいずれか一方を誘電体にて形成したことを特徴としている。

#### 【0007】

【作用】歯状固定電極に対して互いに絶縁された1対の歯状可動電極を互いに噛み合うように配置し、可動電極のいずれか一方および固定電極と残りの可動電極との間に電圧を印加することにより、大きな駆動力を発生し得るようにし、変位量を大きくする。また、1対の可動電極の代わりに電極と誘電体で構成するようにしても良い。

#### 【0008】

【実施例】図1はこの発明の実施例を示す斜視図であ

る。同図において、1は歯状固定電極11が形成された固定部材、2は絶縁層を介して第1、第2の可動電極21A、21B(図2を参照のこと)が形成された可動部材、3A、3Bは案内部材である。すなわち、歯状固定電極1に対して互いに絶縁された1対の歯状可動電極2とを相互に噛み合うように配置して構成される。なお、案内部材としてはここではばねを想定しているが、これと同等の機能を持つものならば何を用いても良い。図2はこの発明による原理を説明するための説明図である。これは、図1のA断面の一部を示すもので、2つの固定電極11A、11Bと1対の可動電極21A、21Bとが図示のように配置され、例えば可動電極21Aと固定電極11Aおよび11Bとを電源Vの負極に接続し、可動電極21Bを電源Vの正極に接続することにより、可動電極21A、21Bに働く電界強度を互いに異ならせ、静電駆動力Fを得るものである。なお、このときの静電駆動力Fは、

$$F = \epsilon \cdot n \cdot L \cdot V^2 / 2d$$

となる。ここに、Lは歯電極の長さを示す。このとき、可動電極が固定電極中にある限りは可動電極に力が発生するので、固定電極の厚さを大きくすることにより、変位量を大きくすることができる。また、発生する力が歯電極の長さに比例するので、従来のものよりも静電駆動力Fを大きくすることができる。また、図13に示すものでは駆動時に力が働くのは常に全歯数の半分であるが、この実施例では常に全歯数に力が発生するので、さらに大きな力が得られることになる。

【0009】したがって、図1の構成において、案内部材3Bと固定部材1とを①のように接続し、案内部材3Aと固定部材1との間に実線にて示すような電圧Vを印加すれば、上記のような原理により可動部材2は実線の矢印で示す方向(上向き)に動くことになる。また、案内部材3Aと固定部材1とを②のように接続し、案内部材3Bと固定部材1との間に点線にて示すような電圧Vを印加すれば、同様の原理により可動部材2は点線の矢印で示す方向(下向き)に動くことになる。このとき、可動電極21A、21Bには案内部材3A、3Bを介して電圧が印加されることから、案内部材3Aと可動電極21A、案内部材3Bと可動電極21Bとが互いに接続されている。図3にその製法の概要を示す。まず、

(イ)ではシリコン(Si)の基板に絶縁膜とSiを積層する。次に、(ロ)においてエッチングにより可動部の外形を形成した後、(ハ)で裏面からエッチングし可動部を形成する。

【0010】図1では可動部材を1枚にしたが、これを2枚以上積層することができる。図4はかかる場合の実施例を示す斜視図で、3枚積層した例である。このように可動部材を適当な間隔を保って3枚積層することにより、各可動部材には上述の如き静電力がそれぞれ作用することになるので、図1のものより3倍の駆動力を得る

ことができ、N枚積層すればN倍の駆動力を得ることが可能となる。図5にその製法の概要を示す。(イ)、(ロ)は図3と同じである。(ハ)では絶縁層と犠牲層を形成し、この上に(ニ)の如く第2基板(Si, 絶縁膜, Si)を積層した後、(ホ)で第2可動部の外形を形成する。さらに、(ヘ)では犠牲層、絶縁層および第3基板を積層し、(ト)で第3可動部の外形を形成する。最後に、(チ)で裏面からエッチングして第1可動部を形成するとともに、犠牲層を除去して完成する。

【0011】図2では絶縁層を介して1対の可動電極を設けるようにしているが、絶縁層と可動電極のいずれか一方を誘電体に置き換えるても良い。図6はかかる原理を説明するための説明図である。これは、可動電極は21Aだけとし、これに誘電体(誘電率 $\epsilon_A$ )21Dを貼り合わせて固定電極11Aおよび11Bに対向させ、誘電体21Dよりも高い比誘電率 $\epsilon_B$ を持つフロンやアルコール等の液体中に配置して図示の如く電圧を印加するようとしたもので、こうすることにより図2の場合と同様の駆動力Fを得ることができる。ここに、 $\epsilon_A < \epsilon_B$ とし、上面の電界強度をE1、下面のそれをE2とする、駆動力Fは、

$$F = \epsilon_B (E_1^2 - E_2^2)$$

と表わされる。

【0012】図7に図1の変形例を示す。これは櫛歯状の固定電極11Cを持つ固定部材1と、これに噛み合い各歯間に僅かな隙間を持ってスライドする可動電極22A, 22Bからなる可動部材22を配置する。可動電極22Aと22Bとは図1と同じく、絶縁体22Cを介して絶縁され、固定部材1には可動部材22が低摩擦で滑動し得るように僅かな突部4A, 4Bを設け、この部分でのみ可動部材22が接するように構成する。つまり、突部4A, 4Bを含む部分は2つの可動電極22A, 22Bに電圧を印加するための第1, 第2接点5A, 5Bを形成しており、第1接点5Aと第1可動電極22Aおよび第2接点5Bと第2可動電極22Bがそれぞれ接続され、2つの接点とも別の絶縁体22Dを介して固定電極11Cと絶縁されている。6A, 6Bはスイッチで、図示の位置にあるときは第2接点5Bと第2可動電極22Bには正の電圧が、また固定電極11Cおよび第1接点5Aと第1可動電極22Aには負の電圧がそれぞれ印加され、点線の位置にあるときはこれらの関係が逆になる。以上のことから、この実施例は図1に示すものを90度回転させたものに相当する、ということができる。

【0013】このような構成において、各電極に実線で示す如き電圧を印加すると、図2で説明したように第1, 第2可動電極22A, 22Bと固定電極11Cとの間に生じる電界により、実線矢印の向きに変位する。これに対し、各電極に点線で示すような電圧を印加すれば、第1, 第2可動電極22A, 22Bの電圧が上記と

は逆になり、破線矢印の向きに変位する。こうすることにより、固定電極の長さに応じた大きな変位量を取り出し得るアクチュエータを実現することができる。ここで、歯数を増したり、可動部材を適宜な距離を保って並列に設置することにより、駆動力を向上することが可能となる。なお、特に図示はしていないが、この場合も2つの可動電極の何れか一方と絶縁体とを誘電体に置き換えることは勿論である。

【0014】図8にピストン型アクチュエータの例を示す。これは、円板状の第1, 第2可動電極23A, 23Bを絶縁体23Cを挟んで積層して可動部材23を構成し、この可動部材の外形直径よりも僅かに大きい内径を持つ円筒状の固定電極11D内に配置する。第1, 第2可動電極23A, 23Bの各面に対し垂直に導電性の案内部材3C, 3Dを取り付け、軸受7A, 7Bにて支持する。そして、例えば図示のように第1可動電極23Aと固定電極11D間に短絡し、第2可動電極23Bと固定電極11D間に電圧を印加すると、矢印の向きに可動部材23が変位し、案内部材3C, 3Dを介して外に力を発生する。円筒状の固定電極11Dの長さに応じて変位可能なので、大きなストロークを得ることが可能となる。図9に2つの可動電極の何れか一方と絶縁体とを誘電体に置き換えた例を示すが、その原理は図6で説明した通りなので、詳細は省略する。23Dが誘電体である。

【0015】図10に静電式モータの例を示し、図11にそのAA' B断面を示す。これは、櫛歯状の固定電極をステータ11Eとし、これに噛み合うように互いに絶縁された4つの可動電極24A, 24B, 24C, 24Dを持つロータ24を配置し、その軸部には回転運動が容易となるように2つの回転電極8A, 8Bを設ける。さらに、第1回転電極8Aには第1および第3可動電極(24A, 24C)を、また第2回転電極8Bには第2および第4可動電極(24B, 24D)をそれぞれ接続し、ステータ11Eの回転電極8A, 8Bの周りに回転可能となるよう、これらを2つのブラシ9A(一方は省略), 9Bで押圧固定する。そして、第2ブラシ9Bをステータ11Eに短絡し、第1ブラシ9Aとステータ11Eとの間に電圧を印加すると、各可動電極24A, 24B, 24C, 24Dは図11に示す如き電圧配置となり、第1および第3電極とステータとの間に引力が働き、矢印の向きの回転が生じることになる。

【0016】図10の例も第2および第4の可動電極を樹脂フィルムのような誘電体に置き換え、空気中ではなくフロンやアルコールのような液体の中に配置して駆動すると、大きなトルクを得ることが可能となる。このとき、第2のブラシ9Bをステータ11Eと短絡する必要もない。第1および第3可動電極の表面および裏面とステータとの間に作用する静電引力は、誘電体によりともに片面のみが小さくなるため、力の不平衡が生じて回転

7

運動となる。このように、回転時常に全ての歯状可動電極に作用する静電力を利用するので、大きなトルクが得られるという利点がある。

【0017】図12に静電式モータの別の例を示す。これは、円板状ロータ25を数箇所切り欠いて第1、第2可動電極25A、25Bを形成し、軸10の上下から各電極に電圧を与えられるように構成したものである。このとき、第1、第2可動電極25A、25B間は絶縁体を介して互いに絶縁されている。そして、導電性のステータ11F、11Gによりロータ25に対し適当なギャップを保つように挟み、ステータ11Fの軸支持部12から第2可動電極25Bへ電圧を供給し得るように固定し、図示の関係で電圧を印加すると、矢印の向きに回転することになる。

## 【0018】

【発明の効果】この発明によれば、歯状固定電極に対して互いに絶縁された1対の歯状可動電極（1対の可動電極の代わりに電極と誘電体で構成しても良い）が互いに噛み合うように配置し、可動電極のいずれか一方および固定電極と残りの可動電極との間に電圧を印加することにより、大きな駆動力を発生させることができ、その結果変位も大きくすることが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例を示す斜視図である。

【図2】この発明の原理を説明するための説明図である。

【図3】図1の製造方法を説明するための概要図である。

【図4】可動部材を積層した実施例を示す斜視図である。

【図5】図4の製造方法を説明するための概要図である。

【図6】この発明の別の原理を説明するための説明図である。

【図7】図1の変形例を示す斜視図である。

【図8】ピストン型アクチュエータの実施例を示す概要図である。

【図9】ピストン型アクチュエータの別の実施例を示す概要図である。

【図10】静電式モータの例を示す斜視図である。

【図11】図10のAA' B断面図である。

【図12】静電式モータの別の例を示す斜視図である。

【図13】従来例を示す概要図である。

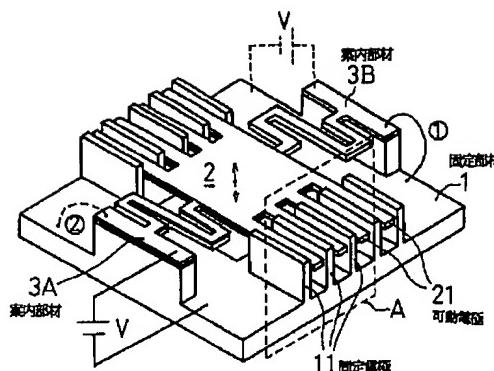
【図14】従来の別の例を示す概要図である。

【符号の説明】

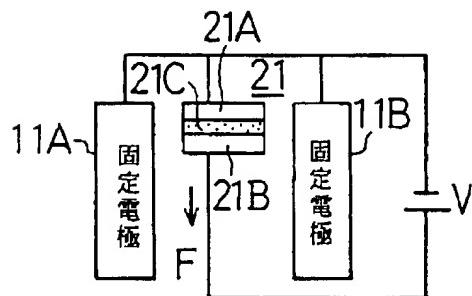
8

- |     |        |
|-----|--------|
| 1   | 固定部材   |
| 2   | 可動部材   |
| 10  | 軸      |
| 11  | 固定電極   |
| 12  | 軸支持部   |
| 21  | 可動電極   |
| 22  | 可動部材   |
| 23  | 可動部材   |
| 24  | ロータ    |
| 10  | ロータ    |
| 3A  | 案内部材   |
| 3B  | 案内部材   |
| 4A  | 突部     |
| 4B  | 突部     |
| 5A  | 第1接点   |
| 5B  | 第2接点   |
| 6A  | スイッチ   |
| 6B  | スイッチ   |
| 7A  | 軸受     |
| 20  | 軸受     |
| 7B  | 軸受     |
| 8A  | 第1回転電極 |
| 8B  | 第2回転電極 |
| 9A  | ブラシ    |
| 9B  | ブラシ    |
| 11A | 固定電極   |
| 11B | 固定電極   |
| 11C | 固定電極   |
| 11D | 固定電極   |
| 11E | ステータ   |
| 30  | ステータ   |
| 11F | ステータ   |
| 11G | ステータ   |
| 21A | 可動電極   |
| 22A | 第1可動電極 |
| 22B | 第2可動電極 |
| 22C | 絶縁体    |
| 23A | 第1可動電極 |
| 23B | 第2可動電極 |
| 23C | 絶縁体    |
| 23D | 誘電体    |
| 40  | 第1可動電極 |
| 24B | 第2可動電極 |
| 24C | 第3可動電極 |
| 24D | 第4可動電極 |
| 25A | 第1可動電極 |
| 25B | 第2可動電極 |

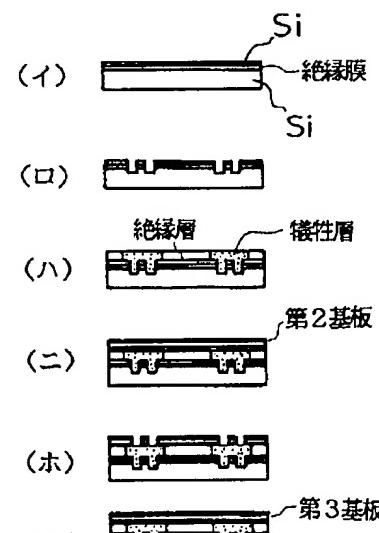
【図1】



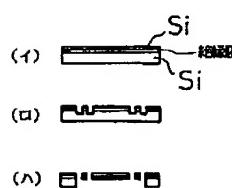
【図2】



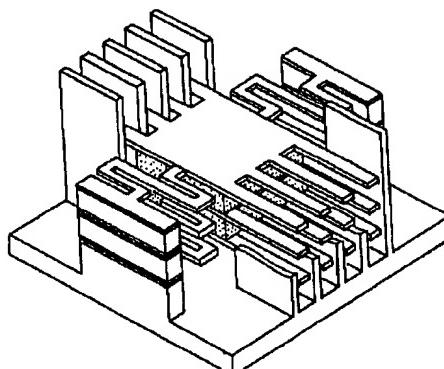
【図5】



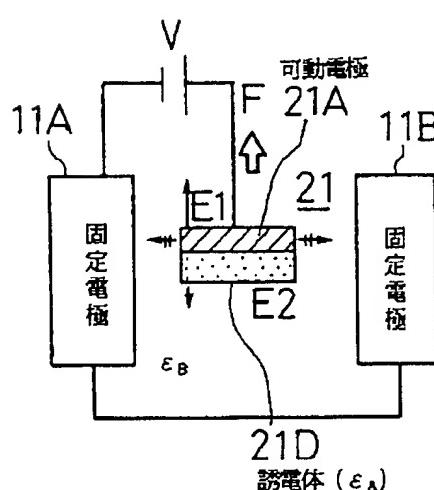
【図3】



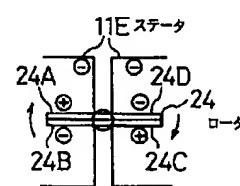
【図4】



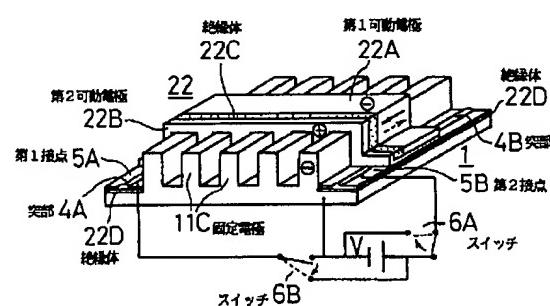
【図6】



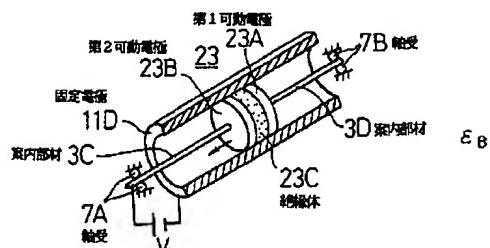
【図11】



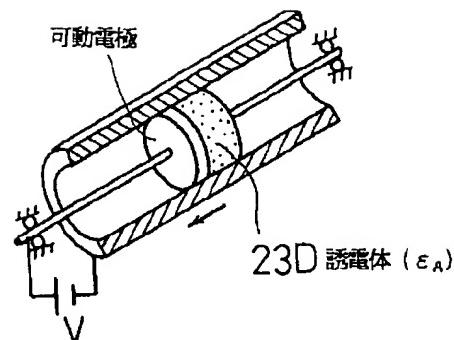
【図7】



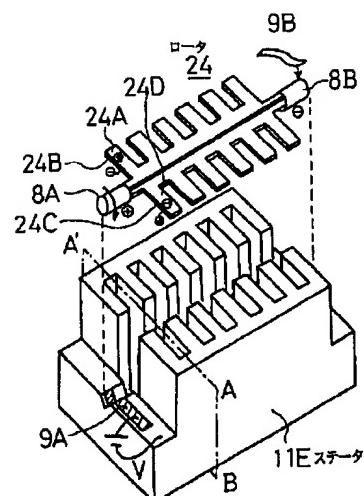
【図8】



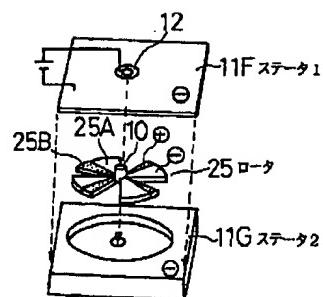
【図9】



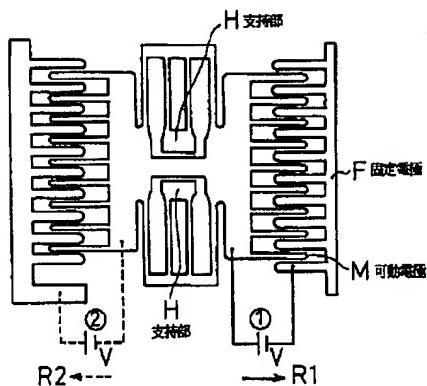
【図10】



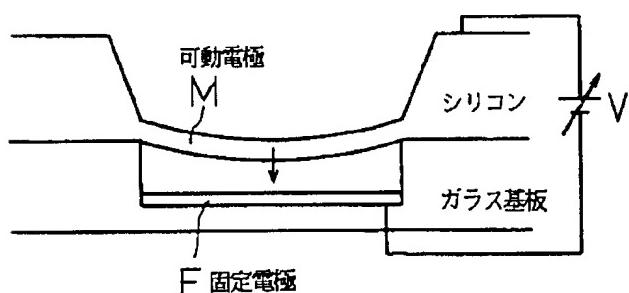
【図12】



【図13】



【図14】



CLIPPEDIMAGE= JP405076186A

PAT-NO: JP405076186A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05076186 A

TITLE: ELECTROSTATIC ACTUATOR

PUBN-DATE: March 26, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAGAWA, WATARU

TSURUOKA, MICHIEHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FUJI ELECTRIC CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP03175822

APPL-DATE: June 21, 1991

INT-CL (IPC): H02N001/00

US-CL-CURRENT: 310/309

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide an electrostatic actuator which can generate great driving force and enlarge displacement.

CONSTITUTION: A plurality of comb-toothed mobile electrodes 21, wherein electrodes in pairs are made up and down through insulators, are arranged to mesh with each other, to a plurality of comb-toothed fixed electrodes 11.

When, for example, positive voltage is applied to the upper mobile electrode through a guide member 3a and negative voltage to the lower mobile electrode and the fixed electrode 11, a difference 8 is made in magnetic field strength above and below the mobile electrode 21, so it is arranged

so that great electrostatic driving force can be gotten making use of this to increase the displacement.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio